

徳島大学工業短期大学部 正員 山崎泰三朗
森吉満助

1. まえがき 近年舗装のラッテング現象が再考され、我国でも研究が進められている。本報告は密粒度アスファルトコンクリートの流動領域におけるアスファルト量と変形抵抗の関係とホイールトラッキング試験によるラッテング性状、圧縮クリープによる粘弾性状および三次元力学試験結果から考察したものである。

2. 実験概要 実験に使用した密粒度アスファルトコンクリートは骨材最大粒径 13mm 、 A_s 量 $5.0\sim 7.0\%$ であり、アスファルトは針入度 $93(53)$ 、軟化点 $44.4(50.8)^\circ\text{C}$ 、 25°C の粘度 $1.21\times 10^6(4.93\times 10^6)$ ポアズである。()内は薄膜加熱試験後の値である。混合は全て18ストークス温度で行ない、ホイールトラッキング、一軸圧縮、クリープ試験供試体はローラーコンパクターで転圧(10ストークス)した。一軸圧縮、クリープ試験用供試体は $30\times 30\times 5\text{cm}$ 版より6面カットの $3.5\times 3.5\times 10\text{cm}$ 直方体である。三軸圧縮供試体は直径 5cm 、高さ 10cm であり、2重プランジャー方式により荷重6トンで締め固めた(3ストークス)。マーシャル試験は舗装要綱に準じた。マーシャル、一軸圧縮、三軸圧縮試験の条件は結果と共に表-1に示す。本実験に使用したホイールトラッキング試験は恒温水槽中の供試体上を車輪が移動し、軸荷重 53.6kg 、走行間隔 27mm 、 43mm/min である。供試体は試験前12時間以上試験温度($45, 35, 25^\circ\text{C}$)の恒温器内で養生し、水槽内に抄して3時間再度温度調整をした。実験は60分間実施し通常30~55分間の変位・時間図の直線区間から変形率、 $R.D.\text{mm/分}$ 、動的安定度、 $D.S.\text{Pass/mm}$ および45分後の変位(Rut depth) mm によりラッテング性状を表現した。クリープ試験は A_s 量 $5.0, 6.0, 7.0\%$ に対しては $45\sim 5^\circ\text{C}$ 、 $5.5, 6.5\%$ は $45\sim 25^\circ\text{C}$ の温度で手動載荷による荷重一定の圧縮クリープである。荷重は各温度で一定とし線形性は確認していないが、ひずみは 0.05% 以内なので線形範囲内であると思われる。応力 σ 、ひずみ $\varepsilon(t)$ 、クリープコンプライアンス $J(t)$ 、クリープ弾性率 $E_c(t)$ とすると $E_c(t) = 1/J(t) = \sigma/\varepsilon(t)$ である。本実験はクリープ弾性率 $E_c(t)$ に換算変数法と適用した。

3. 実験結果と考察 (1) 各種の力学性状: マーシャル、一軸圧縮、三軸圧縮試験結果を表-1に示す。マーシャル安定度試験結果は最適アスファルト量 6.2% 、空隙率 3.6% 、飽和度 80% である。図-1に各温度での $R.D.$ と A_s 量の関係を示す。各温度とも A_s 量 6.0% を境に増大しているが温度上昇と共に増加が明白になっている。図-2に各温度での A_s 量 6.0% の $\overline{E_c(t)}$ と載荷時間の関係、図-3に A_s 量 $5, 6, 7\%$ の $T_0 = 298^\circ\text{K}(25^\circ\text{C})$ におけるマスターカーブとシフトファクター A_T およびTFOT後のアスファルトの粘度より求めた A_T を示す。図には省略した $5.5, 6.5\%$ も含めてほぼ換算変数法が適用できることが認められた。しかし各アスファルト量の A_T と温度およびアスファルトの粘度による A_T との関係についてさらに検討することが必要と思われる。 A_s 量 6.0% (骨材容積率 $v_r=0.85$)のマスターカーブとHemkelom, Klompの式によるスティフネスと比較すると、 $0.01\sim 1$ 秒ではよく一致するが、それ以後は $E_c(t)$ が大となり、その後も差は拡大する。但しアスファルトはTFOT後(の性状)を使用している。 $35, 45^\circ\text{C}$ についてはフオークト模型(E_1, τ_1)に直列に粘弾性要素 η_0 を結合した三要素模型がほぼ適用でき、

試験名		アスファルト量 (%)					温度	備考
		5.0	5.5	6.0	6.5	7.0		
マーシャル	S	823	872	920	925	800	60	↑増加 ↓減少
	f	22	25	29	35	41	60	○最大
一軸圧縮 (1mm/分)	S	3.5	4.0	4.4	4.2	3.6	45	S:安定度(Kg)
	E	2.7	3.1	3.5	4.1	4.7	45	φ:フロー(%)
	σ	6.4	6.8	7.0	6.1	5.4	35	σ:圧縮強度(kg/cm^2)
	E	2.5	3.0	3.4	3.9	4.5	25	ε:圧縮ひずみ(%)
	σ	13.1	13.8	14.8	13.1	11.6	25	P:Heukelomの許容支持力(kg/cm^2)
	E	2.7	3.1	3.2	3.7	3.9	25	φ:内部摩擦角(°)
三軸圧縮 (0.5mm/分)	P	53.4	58.9	62.3	66.6	60.1	25	C:粘着力(kg/cm^2)
	φ	41.3	41.1	40.3	38.3	38.2	25	三軸側圧2.0, 1.0
	σ	2.30	2.28	2.50	2.96	2.75	25	0.5(kg/cm^2)
	20.0	19.6	20.0	21.4	20.8	20.0		
	10.0	14.9	15.1	15.5	16.5	15.5		
	0.5	12.2	12.8	13.4	13.9	13.5		

表-1 マーシャル、一軸圧縮、三軸圧縮試験結果

その結果を図-4に示す。
 ②は傾向が不明であったので省略した。以上の結果より力学性状はアスファルト量の増加と共に①のピークを有するマーシャル安定度、一軸および三軸圧縮強度、粘着力、Hewittの式による許容支持荷⁽¹⁾ ②増大するフロー値、圧縮ひずみ、R.D.

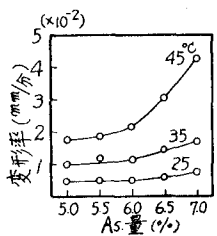


図-1 アスファルト量と変形率

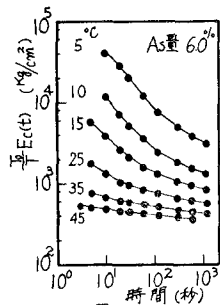


図-2 E_{ct} と時間

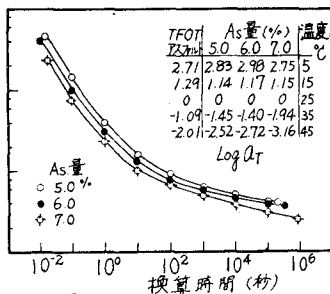


図-3 E_{ct} のマスターカーブと $\log Q_r$

フリープ量③減少する内部摩擦角, D.S., E_{ct} , ρ_0 , E_1 , に分類できる。但し③のR.D., クリープ量はD.S., E_{ct} の逆数的な性質である。①は強度的性状が属しピークはAs量6.0が6.5°にありマーシャル試験のO.A.C.=6.2°およびD.S.が急に減少する境界の6.0°に近似している。しかしこれらはAs量の変化に対してピークを有さないD.S.等のラッテング性状と直接的な関係はないと考えられる。

③の圧縮ひずみは25~45°でほぼ一定であり、またフロー値も温度の影響が小さくあるとされており、これも温度依存性の点でD.S.等と異なっている。③の内部摩擦角も本質的に温度の影響は小さいと思われる。従ってラッテング性状と関係がある力学性状は本実験の範囲では、 E_{ct} と ρ_0 で代表されると考えられる。このことはラッテング性状と理解するのに重要と思われる。マーシャル試験の S_f ⁽²⁾、あるいは一軸圧縮試験による各温度のスティフネスとラッテング性状は相関性があるとされており本実験においても確認できた。(2) ラッテング性状とフリープ弾性率および粘度:

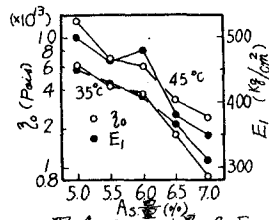


図-4 アスファルト量と ρ_0, E_1

図-5に E_{ct} とD.S., 図-6に E_{ct} と45分後の変位の関係を示す。図中の $t = \frac{1}{15}$ 秒は本実験条件におけるホイールトラッキング試験の中央部での載荷時間にほぼ等しい。図-5の一部を除くとアスファルト量と温度変化に対して E_{ct} はラッテング性状と良い相関性があることがわかる。今後 E_{ct} と一軸圧縮試験によるスティフネスとの関係および両者とラッテング性状との関係について混合物、載荷時間と変化させて検討したいと考えている。図-7はTFOT後のアスファルトの粘度とD.S., 図-8は ρ_0 と変位の関係である。図-7よりAs量5~7%の密粒度アスファルトコンクリートもアスファルトの粘度と G_v がD.S.の支配的要因である⁽⁴⁾ことが確認できる。これは混合物のスティフネスがアスファルトのスティフネスと G_v に支配されることと対比すると興味深い。図-8から温度別には ρ_0 と変位は相関性が良いが同一変位に対する ρ_0 は温度により相当差がある。

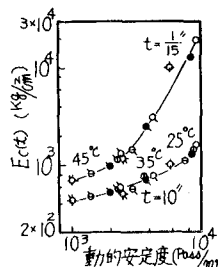


図-5 E_{ct} と動的安定度

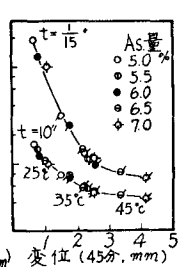


図-6 E_{ct} と変位

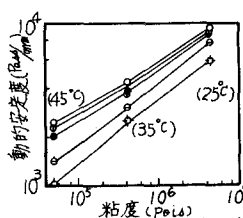


図-7 アスファルトの粘度と動的安定度

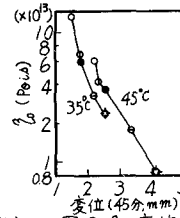


図-8 ρ_0 と変位

4. あとがき ラッテング現象は粘弾性体の変形と回復に骨格の再配列等による構造の変化や圧密作用等の複雑な要因に支配されると思われるが、本実験範囲の混合物の力学性状としてはフリープ弾性率と最も良い相関性があることがわかった。圧縮クリープ試験はアスファルト混合物の粘弾性状を研究する方法として装置の簡便さ等においてすぐれているが、特に流動領域においては引張あるいは曲げクリープ試験との比較が重要と思われる。

参考文献 (1) Hewitt, W. L. : H.R.R. No. 104 (2) 林 亀一 : 舗装 6-5 および 北村幸治 : 舗装 89

(3) 梶恭典, 神崎靖, 菅原照雄 : 第9回日本道路会議論文集 (4) 笠原篤, 菅原照雄 : 石油学会誌 15-11